



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Off nl ungsschrift
⑩ DE 197 53 842 A 1

⑤1 Int. Cl.⁶:
F 01 N 9/00
F 01 N 3/22
F 01 N 3/38
B 01 D 53/94

②1 Aktenzeichen: 197 53 842.8
②2 Anmeldetag: 4. 12. 97
④3 Offenlegungstag: 10. 6. 99

DE 197 53 842 A 1

⑦1 Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦2 Erfinder:
Schneider, Stefan, Dr., 93173 Wenzelbach, DE;
Beer, Johannes, 93047 Regensburg, DE

⑤5 Entgegenhaltungen:

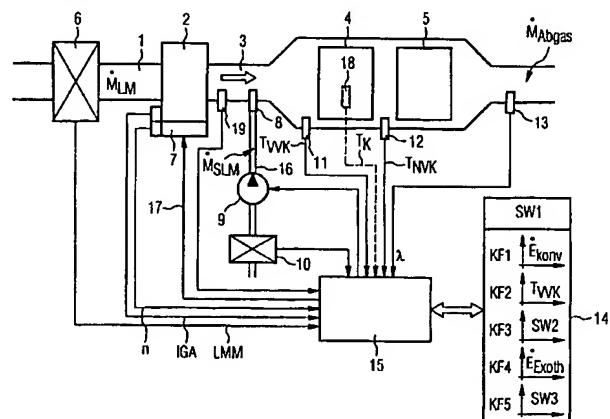
DE 1 96 43 674 A1
DE 1 96 17 190 A1
DE 1 95 41 903 A1
DE 1 95 37 363 A1
DE 43 30 997 A1
DE 43 23 243 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zum Betreiben eines Abgaskatalysators für eine Brennkraftmaschine

⑤7 Es werden Kriterien für die Deaktivierung von Katalysatoraufheizmaßnahmen angegeben. Hierzu wird entweder die thermische Energie herangezogen, die über das Abgas dem Katalysator zugeführt wird, oder es werden Temperaturen des Abgases stromauf und/oder stromabwärts des Katalysators oder die Monolithtemperatur selbst gemessen, aus einem Kennfeld ausgelesen oder mittels eines physikalischen Temperaturmodells auf der Grundlage der Energiebilanz des Katalysators berechnet.



DE 197 53 842 A 1

Die Erfindung betrifft Verfahren zum Betreiben eines Abgaskatalysators für eine Brennkraftmaschine gemäß den Oberbegriffen der unabhängigen Patentansprüche 1, 9 und 13.

- 5 Die Schadstoffemission einer Brennkraftmaschine läßt sich durch katalytische Nachbehandlung mit Hilfe eines Dreiwege-Katalysators in Verbindung mit einer Lambda-Regelungseinrichtung wirksam verringern. Eine wichtige Voraussetzung hierfür ist jedoch, daß neben der Lambda-Sonde der Regelungseinrichtung, auch der Katalysator seine Anspringtemperatur (Light-Off-Temperatur) erreicht hat. Unterhalb dieser Temperatur, bei den typischen Kraftfahrzeug-Katalysatoren ca. 300°C, ist der Katalysator wenig wirksam bis unwirksam und die Reaktion findet nur mit ungenügend kleinen Konversionsraten ($\ll 10\%$) statt. Um ein schnelles Erreichen der Light-Off-Temperatur sicherzustellen und damit den Schadstoffausstoß während der Kaltstartphase der Brennkraftmaschine, bei der ca. 70 bis 80% der gesamten Schadstoffe von HC und CO ausgestoßen werden, dennoch zu verringern, sind verschiedene Warmlaufstrategien bekannt.

- 10 Eine schnelle Erwärmung des Katalysators kann durch Erhöhung der Abgasenergie u. a. durch Spätverstellung des Zündwinkels, Anhebung der Leerlaufdrehzahl, Gemischanfettung, Gemischabmagerung oder Sekundärlufteinblasung erfolgen (z. B. DE 40 29 811 A, DE 41 32 814 A1, DE 41 33 117 A1). Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den Katalysator mit einer vom Bordnetz des Kraftfahrzeuges gespeisten elektrischen Heizeinrichtung auszustatten.

- 15 Da die genannten Verfahren zum Aufheizen des Katalysators nur bis zum Erreichen der Light-Off-Temperatur aktiv sein dürfen, sei es aus Gründen der erhöhten Emissionen, des Fahrkomforts oder der gewünschten Leistung der Brennkraftmaschine, müssen sie nach Ablauf einer gewissen Zeit wieder deaktiviert werden. Dies kann beispielsweise über die zeitliche Integration der Luftmasse und Vergleich mit einer konstanten Schwelle oder über eine feste Zeitvorgabe erfolgen. Diese bekannten Maßnahmen führen nicht in allen Betriebsbereichen zu dem gewünschten Erfolg.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, Verfahren anzugeben, mit dessen Hilfe Kriterien zum Beenden der Aufheizmaßnahmen für den Katalysator bestimmt werden können.

Die Aufgabe der Erfindung wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche 1, 9 und 13 gelöst.

- 25 Die Zeitspanne, innerhalb derer die Aufheizmaßnahmen aktiv sind, ist erfindungsgemäß vom Betriebszustand der Brennkraftmaschine abhängig gewählt. Hierzu wird entweder die thermische Energie herangezogen, die über das Abgas dem Katalysator zugeführt wird, oder es werden Temperaturen des Abgases stromauf und/oder stromabwärts des Katalysators oder die Monolithtemperatur selbst gemessen, aus einem Kennfeld ausgelesen oder mittels eines physikalischen Temperaturmodells berechnet.

- 30 Das Temperaturmodell beruht dabei auf der Energiebilanz des Katalysators, wobei die dem Katalysator über den Abgasmassenstrom mit einem bestimmten Temperatur zugeführten Energie, der Energieübertrag zwischen dem Abgas und den Katalysator, der von der Schadstoffkonvertierung erzeugte Energiestrom, die stromabwärts des Katalysators vom Abgas ausgetragene Energie und die durch Strahlung und Konvektion abgegebene Energie berücksichtigt wird.

- Die Verfahren haben den Vorteil, daß sie zuverlässige Kriterien zur Beendigung der Aufheizmaßnahmen liefern und somit eine unnötige, über den Bedarf hinausgehende Erwärmung des Katalysators vermieden wird.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Figuren näher erläutert; es zeigen:

Fig. 1 schematisch den Aufbau einer Abgasreinigungsanlage und

- Fig. 2 ein physikalisches Modell zur Berechnung der Monolithtemperatur im und der Ausgangstemperatur nach dem Vorkatalysator der Abgasreinigungsanlage.

- 40 Fig. 1 zeigt eine Brennkraftmaschine 2 mit einer Einspritzanlage 7, die an einen Ansaugtrakt 1 und einen Abgastrakt 3 angeschlossen ist. Im Abgastrakt 3 ist ein Vorkatalysator 4 und davon getrennt in Strömungsrichtung folgend ein Hauptkatalysator 5 vorgesehen. In Strömungsrichtung des Abgases (Pfeilsymbol) gesehen vor dem Vorkatalysator 4 ist ein erster Temperatursensor 11 und zwischen dem Vorkatalysator 4 und dem Hauptkatalysator 5 ist ein zweiter Temperatursensor 12 in den Abgastrakt 3 eingebracht. Vor dem Vorkatalysator 4 ist im Abgastrakt 3 eine erste Lambdasonde 19 angeordnet. Sie dient in bekannter Weise als Regelsonde für eine Lambdaeinstellung, mit deren Hilfe das Kraftstoff-/Luftgemisch eingestellt wird. Nach dem Hauptkatalysator 5 ist im Abgastrakt 3 eine zweite, auch als Monitorsonde oder Trimmsonde bezeichnete Lambdasonde 13 angeordnet.

- 45 Zwischen der Brennkraftmaschine 2 und dem Vorkatalysator 4 mündet eine Sekundärluftzuleitung 16 in den Abgastrakt 3. In der Sekundärluftzuleitung 16 ist ein Ventil 8, eine Sekundärluftpumpe 9 und ein zweiter Luftmassenmesser 10 angeordnet.

- Im Ansaugtrakt 1 ist ein erster Luftmassenmesser 6 eingebracht, der über eine Signalleitung mit einem Steuergerät 15 in Verbindung steht, das einen Datenspeicher 14 aufweist. Das Steuergerät 15 ist über einen Datenbus 17 mit der Brennkraftmaschine 2 und der Einspritzanlage 7 verbunden. Zudem ist das Steuergerät 15 über Signalleitungen mit dem zweiten Luftmassenmesser 10, dem ersten Temperatursensor 11, dem zweiten Temperatursensor 12 und der Lambdasonde 13 verbunden. Die Sekundärluftpumpe 9 und das Ventil 8 sind über Ansteuerleitungen an das Steuergerät 15 angeschlossen.

Das Steuergerät 15 steuert in Abhängigkeit von der zugeführten Motorluftmasse und der Abgaszusammensetzung nach dem Hauptkatalysator 5 die Einspritzung der Brennkraftmaschine 2 und die Zufuhr der Sekundärluft in den Abgastrakt 3.

- 60 Außerdem übernimmt das Steuergerät 15 u. a. die Verarbeitung der Temperatursignale von den Sensoren 11 und 12, bzw. errechnet aus dem Wert für die Temperatur vor dem Vorkatalysator über ein physikalisches Modell die Temperaturwerte im Katalysator (Monolithtemperatur) und stromabwärts des Vorkatalysators. Daraus werden verschiedene Kriterien für das Erreichen der Anspringtemperatur des Katalysators abgeleitet. Insbesondere werden die so erhaltenen Temperaturwerte mit vorgegebenen Grenzwerten verglichen und bei überschreiten dieser Grenzwerte die Warmlaufmaßnahmen zur Katalysatoraufheizung deaktiviert.

Im folgenden werden drei Möglichkeiten angegeben, wie jeweils ein Kriterium zum Beenden der Warmlaufmaßnahmen bestimmt werden kann.

Das Erreichen der Katalysator Light-Off-Temperatur hängt von der dem Katalysator über das Abgas zugeführten ther-

mischen Energie ab. Nach Zuführung einer bestimmten Energiemenge stellt sich eine entsprechende Katalysatortemperatur ein. Da ein Teil der zugeführten Energiemenge, insbesondere bei fahrendem Fahrzeug über Konvektionsvorgänge wieder abgegeben wird, wird die zugeführte Energiemenge um einen Konvektionsterm, der von der Fahrgeschwindigkeit des mit der Brennkraftmaschine ausgerüsteten Fahrzeuges abhängt, korrigiert. Die Aufheizmaßnahmen bleiben aktiv, bis die zugeführte Energiemenge einen vorgegebenen Schwellwert überschreitet:

$$\int_0^T \dot{M}_{\text{Abgas}} \cdot c_p \cdot T_{\text{VVK}} dt - \int_0^T \dot{E}_{\text{Konv}}(v) dt > \text{SW1}$$

mit

\dot{M}_{Abgas} als Massenstrom aus angesaugter Luftmasse und eingebrachter Sekundärluftmasse bestimmte Größe,

c_p als spezifische Wärmekapazität des Abgases,

T_{VVK} als Abgastemperatur stromaufwärts des Vorkatalysators,

T als die Zeit, während der die Katalysatoraufheizmaßnahmen aktiv sind,

$\dot{E}_{\text{Konv}}(v)$ als durch Konvektion vom Katalysator abgegebener Energiestrom (Konvektionsleistung), die von der Fahrgeschwindigkeit v abhängt und bestimmt ist zu

$\dot{E}_{\text{Konv}}(v) = A_O \cdot k_2(v) \cdot (T_K - T_U)$ wobei mit

A_O die Katalysatoraußenfläche, mit der Konstante $k_2(v)$ der Wärmeübertragungskoeffizient der Katalysatoroberfläche zur Umgebungsluft in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit v bezeichnet sind. Die Konstante k_2 wird in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit appliziert.

Die Werte für $\dot{E}_{\text{Konv}}(v)$ sind in einem entsprechenden Kennfeld KF1 des Datenspeichers 14 abgelegt.

SW1 als Schwellenwert, der in dem Datenspeicher 14 abgelegt ist. Er wird durch Fahrversuche auf dem Prüfstand ermittelt.

Bei dieser Energiebilanz kann eine Energieabgabe durch Wärmestrahlung außer acht gelassen werden, da diese erst bei höheren Temperaturen (ca. 500°C) einen merklichen Einfluß hat.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, Temperaturdifferenzen am Katalysator als Kriterium heranzuziehen, ob die Anspringtemperatur des Katalysators erreicht ist. Hierzu werden die Temperaturen stromauf- und stromabwärts des Vorkatalysators ermittelt.

Die Temperatur T_{VVK} stromaufwärts des Vorkatalysators 4 wird entweder wieder mittels des Temperatursensors 11 (Fig. 1) gemessen oder über ein Kennfeld KF2 bestimmt, das in dem Datenspeicher 14 abhängig von mindestens einer der Größen Luftzahl λ , Luftmassenstrom \dot{M}_{LM} im Ansaugtrakt, Zündwinkels IGA abgelegt ist. Diese Möglichkeiten zur Ermittlung der Temperatur T_{VVK} gilt auch für das erst genannte Verfahren.

Die Temperatur T_{NVK} stromabwärts des Vorkatalysators 4 wird entweder mittels des Temperatursensors 12 gemessen oder über ein später näher beschriebenes physikalisches Temperaturmodell bestimmt.

Aus den beiden Temperaturwerten wird die Differenz gebildet und diese mit einem Schwellenwert SW2 verglichen. Wird der Schwellenwert SW2 überschritten, so werden die Aufheizmaßnahmen (Warmlaufstrategien) beendet:

$$T_{\text{NVK}} - T_{\text{VVK}} > \text{SW2}$$

Der Schwellenwert SW2 wird aus einem, abhängig vom Abgasmassenstrom \dot{M}_{Abgas} und Drehzahl n der Brennkraftmaschine aufgespannten Kennfeld KF3 entnommen, das in dem Datenspeicher 14 abgelegt ist. Der Abgasmassenstrom \dot{M}_{Abgas} setzt sich zusammen aus dem Massenstrom für die angesaugte Luftmasse \dot{M}_{LM} und dem Massenstrom der eingebrachten Sekundärluft \dot{M}_{SLM} :

$$\dot{M}_{\text{Abgas}} = (1 + 1/c_s) \dot{M}_{\text{LM}} + \dot{M}_{\text{SLM}}$$

mit c_s als Koeffizient für die zugeführte Kraftstoffmenge.

Fig. 2 zeigt schematisch das Modell, mit dem verschiedene Temperaturen im bzw.- am Vorkatalysator berechnet werden können. Die Energiebilanz des Katalysators ergibt sich aus dem zugeführten Wärmeenergiestrom \dot{E}_{in} , der über den Abgasmassenstrom \dot{M}_{Abgas} , der die Eingangstemperatur T_{VVK} aufweist, dem Katalysator zugeführt wird. Im Katalysator findet ein Energieübertrag vom Abgas zum Katalysator statt. Dies ist in Fig. 2 als zeitliche Änderung des Energieübertrages (Leistungsübertrag) $\dot{E}_{\text{Gas} \rightarrow \text{Kat}}$ symbolisch dargestellt. Der von der Schadstoffkonvertierung erzeugte Energiestrom ist mit \dot{E}_{Exoth} bezeichnet. Durch diese beiden Energieströme erwärmt sich der Katalysator auf die Katalysatortemperatur T_K . Zudem gibt der Katalysator Leistung in Form von Konvektion \dot{E}_{Konv} und Strahlung \dot{E}_{Rad} an die Umgebung ab. Zugleich wird mit dem Abgas aus dem Katalysator eine Leistung (Energiestrom) \dot{E}_{Abgas} abgeführt.

Nach diesem Temperaturmodell wird sowohl die Temperatur des Monolithen T_K selbst, als auch die nach dem Vorkatalysator herrschende Ausgangstemperatur des Abgases T_{NVK} berechnet.

Ausgehend von der Energiebilanzgleichung wird aus der Temperatur vor dem Vorkatalysator T_{VVK} und dem Abgasmassenstrom \dot{M}_{Abgas} die Ausgangstemperatur T_{NVK} berechnet, die der Abgasstrom nach dem Vorkatalysator aufweist. Die Temperatur T_{VVK} wird mit dem ersten Temperatursensor 11 vor dem Vorkatalysator 4 gemessen oder über das Kennfeld KF2 ermittelt. Der Abgasmassenstrom \dot{M}_{Abgas} wird anhand der angesaugten Motorluft und anhand der zugeführten Sekundärluft bestimmt, die mit dem ersten Luftmassenmesser 6 bzw. mit dem zweiten Luftmassenmesser 10 gemessen wird.

Der dem Vorkatalysator 4 zugeführte Energiestrom \dot{E}_{in} berechnet sich wie folgt:

$$\dot{E}_{\text{in}} = \dot{M}_{\text{Abgas}} \cdot T_{\text{VVK}} \cdot c_p \quad (1)$$

wobei mit \dot{M}_{Abgas} der Abgasmassenstrom, mit T_{VVK} die gemessene Eingangstemperatur des Abgases vor dem Vorkatalysator 4 und mit c_p die spezifische Wärmekapazität des Abgases bei konstantem Druck bezeichnet sind.

Der Abgasmassenstrom (\dot{M}_{Abgas}) wird nach folgender Formel berechnet:

$$\dot{M}_{\text{Abgas}} = (1 + 1/C_s) \cdot \dot{M}_{\text{LM}} + \dot{M}_{\text{SLM}}, \quad (2)$$

wobei mit \dot{M}_{SLM} der Sekundärluftmassenstrom, mit \dot{M}_{LM} der Motorluftmassenstrom und mit C_s ein Koeffizient für die zugeführte Kraftstoffmenge bezeichnet ist, der bei $\lambda = 1$ einen Wert von 14,7 aufweist.

Der Leistungsübertrag (zeitliche Änderung des Energieübertrages) $\dot{E}_{\text{Gas} \rightarrow \text{Kat}}$ vom Abgas zum Katalysatormonolithen wird mit folgender Gleichung beschrieben:

$$\dot{E}_{\text{Gas} \rightarrow \text{Kat}} = \dot{M}_{\text{Abgas}} \cdot k_1 \cdot A_M (T_{\text{VVK}} - T_K) \quad (3)$$

wobei mit k_1 der Wärmeübertragungskoeffizient vom Abgas zum Katalysatormonolithen, mit A_M die von Abgas umströmte Oberfläche des Katalysatormonolithen und mit T_K die Temperatur des Katalysatormonolithen bezeichnet sind.

Gemäß dem Boltzmannschen Strahlungsgesetz ergibt sich die vom Vorkatalysator abgestrahlte Leistung \dot{E}_{Rad} zu:

$$\dot{E}_{\text{Rad}} = A_O \cdot k_B \cdot (T_K^4 - T_U^4) \quad (4)$$

wobei mit A_O die Katalysatoraußenfläche, mit k_B die Boltzmannkonstante, mit T_U die Umgebungstemperatur und mit T_K die Katalysatortemperatur (Monolithtemperatur) bezeichnet sind.

Durch die Konvektion wird vom Katalysator ein Konvektionsstrom abgegeben, der durch folgende Gleichung beschrieben ist:

$$\dot{E}_{\text{Konv}} = A_O \cdot k_2(v) \cdot (T_K - T_U) \quad (5)$$

wobei mit \dot{E}_{Konv} die Konvektionsleistung, mit A_O die Katalysatoraußenfläche, mit der Konstante $k_2(v)$ der Wärmeübertragungskoeffizient der Katalysatoroberfläche zur Umgebungsluft in Abhängigkeit von der Fahrzeuggeschwindigkeit v bezeichnet sind. Die Konstante k_2 wird in Abhängigkeit von der Fahrzeuggeschwindigkeit appliziert.

Aus der Energiebilanzgleichung ergibt sich eine Differentialgleichung erster Ordnung für die Temperatur T_K des Katalysators:

$$\dot{T}_K = \frac{1}{m_K \cdot c_K} \left(\dot{E}_{\text{Gas} \rightarrow \text{Kat}} - \dot{E}_{\text{Rad}} - \dot{E}_{\text{Konv}} + \dot{E}_{\text{Exoth}} \right) \quad (6)$$

wobei mit m_K die Masse des Katalysatormonolithen und mit c_K die spezifische Wärmekapazität des Katalysatormonolithen bezeichnet sind.

Dabei wird davon ausgegangen, daß die exotherme Energie die thermische Energie des Monolithen erhöht.

Der durch die exothermische Umsetzung der Schadstoffkomponenten im Katalysator erzeugte Energiestrom (\dot{E}_{Exoth}) ist abhängig von der Monolithtemperatur (T_K) in einem Kennfeld (KF4) des Datenspeichers (14) abgelegt.

Aus den Gleichungen (3) und (6) wird schließlich die Temperatur stromabwärts des Vorkatalysators berechnet:

$$\dot{T}_{\text{NVK}} = \frac{1}{c_p \cdot \dot{M}_{\text{Abgas}}} \left(\dot{E}_{\text{in}} - \dot{E}_{\text{Gas} \rightarrow \text{Kat}} \right) \quad (7)$$

Für ein optimales Temperaturmodell zur Berechnung der Ausgangstemperatur T_{NVK} für den Katalysator werden am Motorprüfstand Temperaturverläufe des Katalysators gemessen und dazu verwendet, um die Modellparameter k_1 , k_2 , und c_K entsprechend anzupassen, so daß der auftretende Fehler zwischen dem Temperaturmodell und der tatsächlichen Erwärmung des Katalysators minimiert wird.

Ein weiteres Kriterium, ob die eingeleiteten Aufheizmaßnahmen für den Katalysator wieder abgeschaltet werden können, stellt die Monolithtemperatur T_K des Katalysators dar. Diese kann entweder direkt mittels eines geeigneten Temperatursensors 18 (in der Fig. 1 mit strichlinierter Darstellung gezeigt) im Vorkatalysator 4 gemessen werden, oder mit Hilfe des oben beschriebenen physikalischen Modells (Gleichung (6)) berechnet werden.

Der Wert für T_K wird mit einem Schwellenwert SW3 verglichen und bei Überschreiten des Schwellenwertes werden die Aufheizmaßnahmen deaktiviert:

$$T_K > \text{SW3}$$

Der Schwellenwert SW3 wird wieder aus einem, abhängig vom Abgasmassenstrom \dot{M}_{Abgas} und Drehzahl n der Brennkraftmaschine aufgespannten Kennfeld KF5 entnommen, das in dem Datenspeicher 14 abgelegt ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Abgaskatalysators für eine Brennkraftmaschine, bei dem zur beschleunigten Katalysatoraufheizung mindestens eine Aufheizmaßnahme eingeleitet wird und bei Erreichen der Ansprungtemperatur

des Katalysators diese wieder deaktiviert wird, dadurch gekennzeichnet, daß als Kriterium für das Erreichen der Anspringtemperatur die über das Abgas dem Katalysator (4) zugeführte thermische Energie ($\dot{E}_{in}(dt)$) herangezogen wird und die Aufheizmaßnahme deaktiviert wird, wenn die zugeführte Energiemenge einen vorgegebenen Schwellenwert (SW1) überschreitet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zugeführte thermische Energie ($\dot{E}_{in}(dt)$) aus dem Abgasmassenstrom (M_{Abgas}), der spezifischen Wärmekapazität des Abgases (c_p) und der Temperatur (T_{vVK}) des Abgases stromaufwärts des Katalysators (4) ermittelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Abgasmassenstrom (M_{Abgas}) aus dem von der Brennkraftmaschine angesaugten Luftmassenstrom (M_{LM}) und den mittels einer Sekundärlufteinrichtung (8, 9, 16) eingebrachten Sekundärluftmassenstrom (M_{SLM}) ermittelt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Abgasmassenstrom (M_{Abgas}) berechnet wird nach folgender Gleichung:

$$M_{Abgas} = (1 + 1/C_s) \cdot M_{LM} + M_{SLM},$$

wobei mit C_s ein Koeffizient für die zugeführte Kraftstoffmenge bezeichnet ist, der bei $\lambda = 1$ einen Wert von 14,7 aufweist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem Vergleich mit dem Schwellenwert (SW1) die zugeführte Energie ($\dot{E}_{in}(dt)$) mittels eines, von der Fahrgeschwindigkeit (v) des mit der Brennkraftmaschine ausgestatteten Fahrzeuges abhängigen Termes (E_{Konv}) korrigiert wird, der die Leistungsabgabe durch Konvektion berücksichtigt.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die geschwindigkeitsabhängigen Werte für die Konvektionsleistung (\dot{E}_{Konv}) in einem Kennfeld (KF1) eines Datenspeichers (14) eines Steuergerätes (15) für die Brennkraftmaschine abgelegt sind.

7. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur (T_{vVK}) mittels eines Temperatursensors (11) gemessen wird.

8. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur (T_{vVK}) über ein Kennfeld (KF2) abhängig von mindestens einer der Größen Luftzahl (λ), Luftmassenstrom (M_{LM}) im Ansaugtrakt, Zündwinkel (IGA) ermittelt wird.

9. Verfahren zum Betreiben eines Abgaskatalysators für eine Brennkraftmaschine, bei dem zur beschleunigten Katalysatoraufheizung mindestens eine Aufheizmaßnahme eingeleitet wird und bei Erreichen der Anspringtemperatur des Katalysators diese wieder deaktiviert wird, dadurch gekennzeichnet, daß als Kriterium für das Erreichen der Anspringtemperatur die Temperaturdifferenz aus den Temperaturwerten am Eingang (T_{vVK}) und am Ausgang (T_{NVK}) des Katalysators (4) herangezogen wird und die Aufheizmaßnahme deaktiviert wird, wenn die Temperaturdifferenz einen vorgegebenen Schwellenwert (SW2) überschreitet.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperaturen am Eingang (T_{vVK}) und am Ausgang (T_{NVK}) des Katalysators (4) mittels Temperatursensoren (11, 12) gemessen werden.

11. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur am Ausgang (T_{NVK}) des Katalysators (4) mittels eines auf der Energiebilanz des Katalysators (4) basierenden Temperaturmodells berechnet wird, wobei der dem Katalysator (4) über den Abgasmassenstrom (M_{Abgas}) mit der Temperatur (T_{vVK}) zugeführte Energiestrom (\dot{E}_{in}) und der Leistungsübertrag ($\dot{E}_{Gas \rightarrow Kat}$) zwischen dem Abgas und den Katalysator (4) berücksichtigt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur (T_{NVK}) am Ausgang des Katalysators (4) berechnet wird mit Hilfe der Differentialgleichung

$$\dot{T}_{NVK} = \frac{1}{c_p \cdot \dot{M}_{Abgas}} (\dot{E}_{in} - \dot{E}_{Gas \rightarrow Kat})$$

mit c_p als spezifische Wärmekapazität des Abgases.

13. Verfahren zum Betreiben eines Abgaskatalysators für eine Brennkraftmaschine, bei dem zur beschleunigten Katalysatoraufheizung mindestens eine Aufheizmaßnahme eingeleitet wird und bei Erreichen der Anspringtemperatur des Katalysators diese wieder deaktiviert wird, dadurch gekennzeichnet, daß als Kriterium für das Erreichen der Anspringtemperatur die Temperatur (T_K) des Katalysatormonolithen herangezogen wird und die Aufheizmaßnahme deaktiviert wird, wenn diese Temperatur (T_K) einen vorgegebenen Schwellenwert (SW3) überschreitet.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur (T_K) des Katalysatormonolithen mittels eines Temperatursensors (18) gemessen wird.

15. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur (T_K) des Katalysatormonolithen mittels eines auf der Energiebilanz des Katalysators (4) basierenden Temperaturmodells berechnet wird, wobei der dem Katalysator (4) über den Abgasmassenstrom (M_{Abgas}) mit der Temperatur (T_{vVK}) zugeführte Energiestrom (\dot{E}_{in}), der Leistungsübertrag ($\dot{E}_{Gas \rightarrow Kat}$) zwischen dem Abgas und den Katalysator (4), der von der Schadstoffkonvertierung erzeugte Energiestrom (\dot{E}_{Exoth}), der stromabwärts des Katalysators (4) vom Abgas ausgetragene Energiestrom (\dot{E}_{Abgas}) und die durch Strahlung (\dot{E}_{Konv}) und Konvektion abgegebene Leistung (\dot{E}_{Konv}) berücksichtigt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß aus der Energiebilanzgleichung die Temperatur (T_K) des Katalysators mit Hilfe der Differentialgleichung erster Ordnung berechnet wird

$$\dot{T}_K = \frac{1}{m_K \cdot c_K} \left(\dot{E}_{\text{Abgs}} - \dot{E}_{\text{Rad}} - \dot{E}_{\text{Kw}} + \dot{E}_{\text{Exth}} \right)$$

wobei mit m_K die Masse des Katalysatormonolithen und mit c_K die spezifische Wärmekapazität des Katalysatormonolithen bezeichnet sind.

17. Verfahren nach Anspruch 12 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Wert für den von der Schadstoffkonvertierung erzeugte Energiestrom (\dot{E}_{Exth}) abhängig von der Monolithtemperatur eines Steuergerätes (15) für die Brennkraftmaschine abgelegt ist.

18. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Schwellenwert (SW3) in einem, abhängig vom Abgasmassenstrom (\dot{M}_{Abgas}) und Drehzahl (n) der Brennkraftmaschine aufgespannten Kennfeld (KF5) entnommen wird, das in einem Datenspeicher (14) abgelegt ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

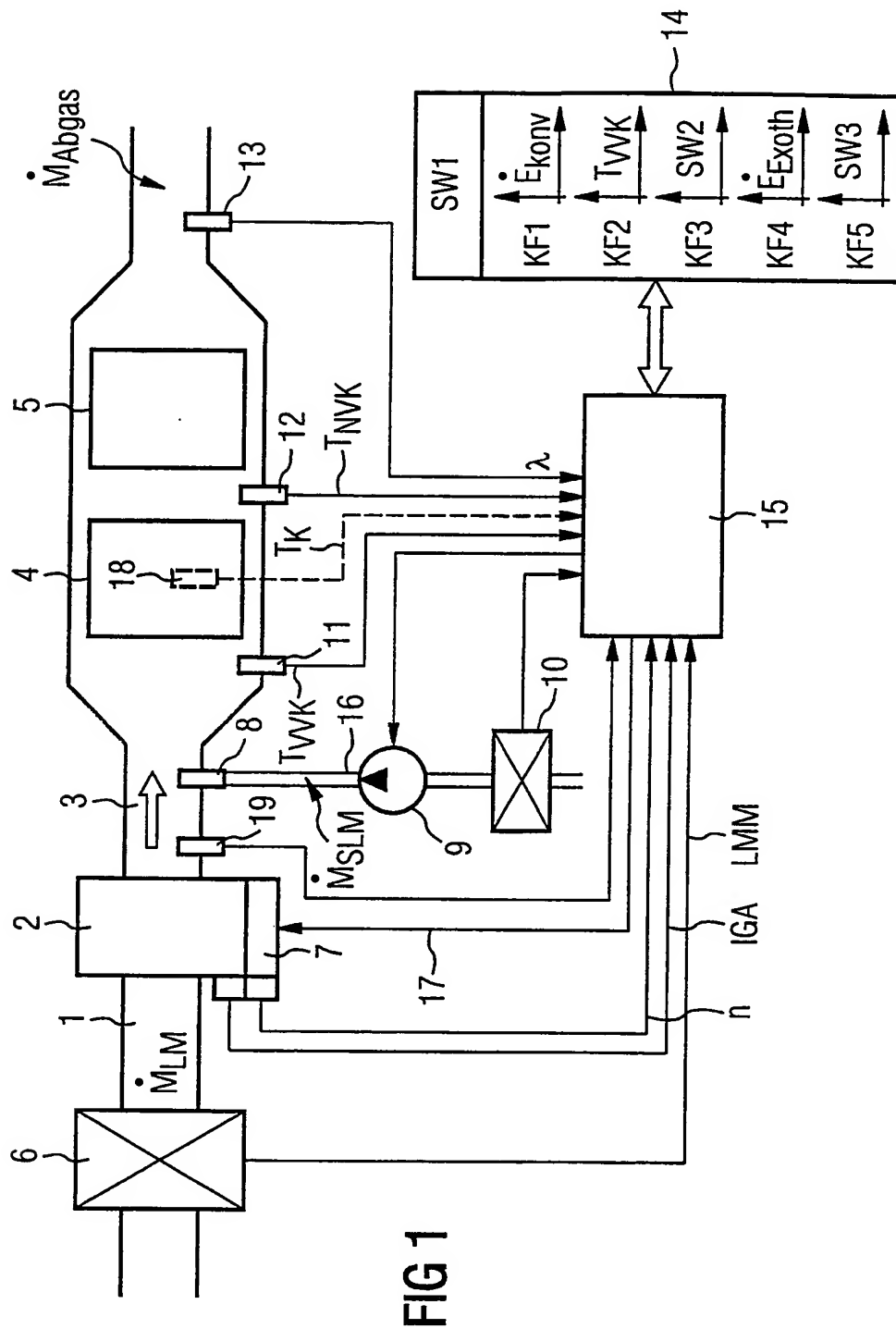


FIG 2

